

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-63943

(43) 公開日 平成9年(1997) 3月7日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 1 5 D
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-237779

(22) 出願日 平成7年(1995) 8月23日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 杉山 香葉

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 工藤 祐司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

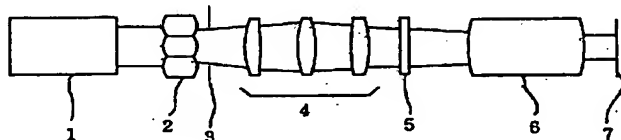
(74) 代理人 弁理士 山口 孝雄

(54) 【発明の名称】 照明光学装置および該装置を備えた露光装置

(57) 【要約】

【課題】 二次光源の形状または大きさの変更に伴う被照射面における照度分布の変動を補正する。

【解決手段】 光源からの光束に基づいて多数の二次光源を形成する多光源形成手段と、該多光源形成手段により形成される多光源の形状または多光源の大きさを変更する変更手段と、該変更手段により設定された所定の形状または所定の大きさを有する多光源からの光束を集光して被照射面を重畳的に照明するコンデンサー光学系とを備え、被照射面における照度分布がほぼ均一になるように、変更手段による多光源の形状または多光源の大きさの変更に応じて、コンデンサー光学系の少なくとも一部の光学要素を移動させる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源からの光束に基づいて多数の二次光源を形成する多光源形成手段と、該多光源形成手段により形成される多光源の形状または多光源の大きさを変更する変更手段と、該変更手段により設定された所定の形状または所定の大きさを有する多光源からの光束を集光して被照射面を重疊的に照明するコンデンサー光学系とを備え、

前記被照射面における照度分布がほぼ均一になるように、前記変更手段による多光源の形状または多光源の大きさの変更に応じて、前記コンデンサー光学系の少なくとも一部の光学要素を移動させることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 2】 前記多光源形成手段は、多数のレンズ要素で構成されるオブティカルインテグレータを有し、前記変更手段は、前記オブティカルインテグレータにより形成される二次光源を所定の形状または所定の大きさに設定するための可変開口を有する可変開口絞りを有することを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学装置。

【請求項 3】 所定のパターンが形成されたマスクを照明する照明光学装置を備え、前記マスクのパターン像を感光性基板上に形成する露光装置において、

前記照明光学装置は、光源からの光束に基づいて多数の二次光源を形成する多光源形成手段と、該多光源形成手段により形成される多光源の形状または多光源の大きさを変更する変更手段と、該変更手段により設定された所定の形状または所定の大きさを有する多光源からの光束を集光して被照射面を重疊的に照明するコンデンサー光学系とを有し、

前記被照射面における照度分布がほぼ均一になるように、前記変更手段による多光源の形状または多光源の大きさの変更に応じて、前記コンデンサー光学系の少なくとも一部の光学要素を移動させることを特徴とする露光装置。

【請求項 4】 前記多光源形成手段は、多数のレンズ要素で構成されるオブティカルインテグレータを有し、前記変更手段は、前記オブティカルインテグレータにより形成される二次光源を所定の形状または所定の大きさに設定するための可変開口を有する可変開口絞りを有することを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は照明光学装置および該装置を備えた露光装置に関し、特に半導体投影露光装置の照明光学系における照度分布の補正に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の半導体投影露光装置では、光源からの光束をオブティカルインテグレータを介して二次元的に分割し、多数の光源像すなわち二次光源を形成する。多数の二次光源からの光は、開口絞りおよびコンデ

2

ンサーレンズを介して、転写すべきパターンが形成されたマスクを重疊的に照明する。マスクを透過した光は、投影光学系を介して感光性基板であるウエハ上に結像する。

【0003】 なお、高集積化されたマスクパターンをウエハ上に正確に転写するには、ウエハ上における照度分布が均一であるとともに、マスクパターンの形状に応じて最適な照明条件でマスクを照明する必要がある。そこで、多数の二次光源の形状を規定する開口絞りの開口形状（開口部の形状および大きさ）をマスクパターンの形状に応じて適宜変化させて、最適なパターン露光を行う技術がすでに提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述の従来技術では、マスクパターンの形状に応じて開口形状を変化させると、すなわち多数の二次光源の形状または大きさを変更すると、ウエハ上においてほぼ均一であった照度分布が開口形状の変化に伴って変動してしまうという不都合があった。

【0005】 本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、二次光源の形状または大きさの変更に伴う被照射面における照度分布の変動を補正することのできる照明光学装置および該装置を備えた露光装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 前記課題を解決するために、本発明においては、光源からの光束に基づいて多数の二次光源を形成する多光源形成手段と、該多光源形成手段により形成される多光源の形状または多光源の大きさを変更する変更手段と、該変更手段により設定された所定の形状または所定の大きさを有する多光源からの光束を集光して被照射面を重疊的に照明するコンデンサー光学系とを備え、前記被照射面における照度分布がほぼ均一になるように、前記変更手段による多光源の形状または多光源の大きさの変更に応じて、前記コンデンサー光学系の少なくとも一部の光学要素を移動させることを特徴とする照明光学装置を提供する。この場合、前記多光源形成手段は、多数のレンズ要素で構成されるオブティカルインテグレータを有し、前記変更手段は、前記オブティカルインテグレータにより形成される二次光源を所定の形状または所定の大きさに設定するための可変開口を有する可変開口絞りを有することが好ましい。

【0007】 また、本発明の別の局面によれば、所定のパターンが形成されたマスクを照明する照明光学装置を備え、前記マスクのパターン像を感光性基板上に形成する露光装置において、前記照明光学装置は、光源からの光束に基づいて多数の二次光源を形成する多光源形成手段と、該多光源形成手段により形成される多光源の形状または多光源の大きさを変更する変更手段と、該変更手段により設定された所定の形状または所定の大きさを有

3

する多光源からの光束を集光して被照射面を重畳的に照明するコンデンサー光学系とを有し、前記被照射面における照度分布がほぼ均一になるように、前記変更手段による多光源の形状または多光源の大きさの変更に応じて、前記コンデンサー光学系の少なくとも一部の光学要素を移動させることを特徴とする露光装置を提供する。この場合、前記多光源形成手段は、多数のレンズ要素で構成されるオブティカルインテグレータを有し、前記変更手段は、前記オブティカルインテグレータにより形成される二次光源を所定の形状または所定の大きさに設定するための可変開口を有する可変開口絞りを有することが好ましい。

【0008】

【発明の実施の形態】まず、開口形状の変化すなわち二次光源の形状または大きさの変更に伴う被照射面における照度分布の変動について説明する。露光装置を構成する個々のレンズの表面には、その透過率を向上させるために反射防止膜が蒸着されている。しかしながら、各レンズの湾曲した表面形状に起因して、反射防止膜の膜厚がレンズ表面の全体に亘って必ずしも一定ではない。このため、レンズ表面の反射率がその表面位置に応じて異なるという特性がある。

【0009】一般に、レンズ表面に反射防止膜を蒸着する際に、レンズ表面の中央よりも周辺の方が形成される反射防止膜がわずかに薄くなる。このように、レンズ表面において中心軸（光軸）から離れるにつれて反射防止膜が薄くなるため、光束の透過率も光軸から離れるにつれて低下する傾向がある。

【0010】また、反射防止膜は、その表面に対して垂直に入射する光束の反射を最も良好に防止するように構成されている。したがって、反射防止膜の表面に対する光束の入射角が大きくなるにつれて、透過率が低下する。一般に、レンズ表面に対する光束の入射角は光軸から離れるにつれて大きくなるので、光束の透過率も光軸から離れるにつれて低下する傾向がある。

【0011】このように、反射防止膜の膜厚変化および反射防止膜への入射角変化の影響により、光軸から離れたレンズ表面を通過する光束は、ウエハ面上における照度分布の均一性を損なう傾向がある。すなわち、二次光源に対する開口絞りの開口形状を変化させることにより、開口絞りを介した光束が各レンズ表面を通過する領域が変化する。その結果、各レンズ面における反射防止膜の膜厚変化および反射防止膜への入射角変化の影響を受けて、被照射面における照度分布が変動してしまう。

【0012】次に、図6乃至図8を参照して、開口絞りの開口形状の変化に伴う照度分布の変動について具体的に説明する。なお、図6は、開口絞りの様々な開口形状をそれぞれ示す図である。また、図7および図8は、図6の各開口形状にそれぞれ対応する照度分布を示す図である。なお、投影露光装置では、開口絞りの開口形状の

4

変更は、投影光学系の解像度および焦点深度の向上を目的として、照明光学系の照明効率を改善するために行われる。

【0013】まず、図6(a)～(c)は、それぞれ開口径が異なる円形状の開口部16a～16cを有する開口絞りを示している。ここで、開口部16bの開口形状に対する照度分布が、図7(b)に示すように、被照射面の中央部から周辺部に亘ってほぼ均一に調整されているものとする。この場合、開口部16aのように開口径を大きくすると、図7(a)に示すように照度分布が得られる。すなわち、開口径の増大に伴って、被照射面の中央部から周辺部にかけて光強度が徐々に減少するような照度分布の変動が起こる。

【0014】一方、開口部16bに対して照度分布がほぼ均一に調整された状態から、開口部16cのように開口径を小さくすると、図7(c)に示すような照度分布が得られる。すなわち、開口径の減少に伴って、被照射面の中央部から周辺部にかけて光強度が徐々に増大するような照度分布の変動が起こる。

【0015】次いで、図6(d)および(e)は、それぞれ輪帯状の開口部16dおよび扇形の開口部16eを有する開口絞りを示している。ここで、開口部16bに対して照度分布がほぼ均一に調整された状態から、輪帯状の開口部16dのように開口形状を変化させると、図8(a)に示すような照度分布が得られる。すなわち、開口形状の変化に伴って、被照射面の中央部から周辺部にかけて光強度が徐々に減少するような照度分布の変動が起こる。

【0016】また、開口部16bに対して照度分布がほぼ均一に調整された状態から、扇形の開口部16eのように開口形状を変化させると、図8(b)に示すような照度分布が得られる。すなわち、開口形状の変化に伴って、被照射面の中央部から周辺部にかけて光強度が徐々に減少するような照度分布の変動が起こる。このように、同じ照明光学装置において、開口絞りの開口形状を変化させただけで、被照射面における照度分布が変動し、照度分布の均一性を損なうことがある。

【0017】そこで、本発明では、被照射面における照度分布がほぼ均一になるように、開口形状の変化すなわち二次光源の形状または大きさの変更に応じて、たとえばコンデンサー光学系を構成するレンズ群のうち少なくとも1つのレンズを光軸に沿って適宜移動させる。こうして、開口形状の変化に起因する照度分布の変動を迅速に補正して、その均一性を常に良好に保つことが可能となる。

【0018】前述したように、高集積化されたマスクパターンをウエハ上に正確に転写するには、ウエハ上における照度分布が均一であることが不可欠である。そこで、照度分布が均一になるように、オブティカルインテグレータのような多光源形成手段およびコンデンサー光

5

光学系を設計配置しなければならない。しかしながら、製造誤差等により照度分布の均一性が得られない場合には、照度分布を均一化するための調整が必要となる。この調整の際に、多用されるのがコンデンサー光学系である。

【0019】一般的に、コンデンサー光学系は複数のレンズからなり、そのうちの少なくとも1つのレンズを光軸方向に沿って移動させると、その移動方向および移動量に依存して被照射面における照度分布が変化する。換言すれば、コンデンサー光学系を構成する複数のレンズのうち少なくとも1つのレンズの移動方向および移動量を適宜制御することにより、照度分布の均一性を容易に高めることができる。

【0020】本発明の実施例を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施例にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図示の装置は、平行光束を供給する光源1を備えている。光源1からの平行光束は、たとえばフライアイレンズのようなオブティカルインテグレート2に入射する。オブティカルインテグレート2に入射した光束は、オブティカルインテグレート2を構成する複数のレンズエレメントにより二次元的に分割され、その後側焦点位置に多数の光源像すなわち二次光源を形成する。このように、オブティカルインテグレート2は、光源1からの光束に基づいて多数の二次光源を形成するための多光源形成手段を構成している。

【0021】多数の光源像からの光束は、可変開口を有する開口絞り3で制限された後、複数のレンズからなるコンデンサー光学系4に入射する。コンデンサー光学系4を介した光は、所定のパターンが形成されたマスク5を重畳的に照明する。マスク5を透過した光束は、投影光学系6を介して、その像面に位置決めされたウエハ7に達する。こうして、感光基板であるウエハ7上には、マスク5のパターンが転写される。このように、光源1、オブティカルインテグレート2、開口絞り3およびコンデンサー光学系4がマスクを照明するための照明光学装置を構成している。

【0022】図2乃至図5は、開口絞り3の開口形状の変化に伴う照度分布の変動を補正する動作を説明する図である。図2乃至図5では、開口絞り3は、所望の照明条件を得るために変更系8により開口形状が変更可能であり、オブティカルインテグレート2を介して形成された二次光源からの光束を所望の形状に制限する。また、開口絞り3は、コンデンサー光学系4により投影光学系6の瞳面と光学的に共役になっている。したがって、開口絞り3の開口形状（可変開口の形状または大きさ）を変化させることにより、投影光学系6の瞳面における照明光束の範囲を任意に変更することができる。

【0023】また、図2乃至図5では、開口絞り3の開口形状の変化に応じて、コンデンサー光学系4を構成す

6

る複数のレンズのうちレンズ4aを移動系9により所定位置へ光軸に沿って移動させる。このレンズ4aの移動により、ウエハ7上の照度分布を変化させ、照度のムラを最小にすることができる。

【0024】しかしながら、レンズ4aの移動に伴って、コンデンサー光学系の焦点距離の変化やテレセントリシティの変動が発生する。このため、開口絞り3の開口形状を変更する前とほぼ同じ光学状態を維持し且つ照度分布について所望の均一性を得るには、レンズ4aの移動による変化を受けにくいようにレンズ系を構成するとともに、レンズ4aの移動による変化の補正を容易に行うことができるようにレンズ系を構成することが必要である。

【0025】図2では、開口絞り3は、図6(b)に示すように、開口径が中程度の円形状開口部16bを有するものとする。そして、ウエハ7上における照度分布は、図7(b)に示すように、投影光学系6の投影領域において中央部から周辺部に亘ってほぼ均一に調整されているものとする。以下、図2の状態を基準状態として、開口絞り3の開口形状を図6(c)、(a)および(d)に示すように変化させた場合の照度分布の補正動作を、それぞれ図3乃至図5を参照して説明する。

【0026】図3では、開口絞り3の開口径が小さくなるように、開口形状を図6(c)に示すように変化させている。したがって、図7(c)に示すように、開口形状の変化によりウエハ7上における照度分布が変動し、中央部から周辺部にかけて照度が徐々に増大するような照度分布が得られる。なお、コンデンサー光学系4のレンズ4aは、オブティカルインテグレート側に移動することによって中央部から周辺部に向かって照度を減少させる作用を有し、マスク側に移動することによって中央部から周辺部に向かって照度を増大させる作用を有するように構成されている。

【0027】したがって、図3では、移動系9を介してコンデンサー光学系4のレンズ4aを光軸に沿ってオブティカルインテグレート2側に所定量だけ移動させることによって、開口形状の変化による照度分布の変動を補正している。その結果、ウエハ7上では、開口形状の変化に依存することなく、ほぼ均一な照度分布が維持される。

【0028】図4では、開口絞り3の開口径が大きくなるように、開口形状を図6(a)に示すように変化させている。したがって、図7(a)に示すように、開口形状の変化によりウエハ7上における照度分布が変動し、中央部から周辺部にかけて照度が徐々に減少するような照度分布が得られる。したがって、図4では、移動系9を介してコンデンサー光学系4のレンズ4aを光軸に沿ってマスク側に所定量だけ移動させることによって、開口形状の変化による照度分布の変動を補正している。その結果、ウエハ7上では、開口形状の変化に依存するこ

7

となく、ほぼ均一な照度分布が維持される。

【0029】図5では、開口絞り3の開口形状を図6(d)に示すように輪帯状に変化させている。したがって、図8(a)に示すように、開口形状の変化によりウエハ7上における照度分布が変動し、中央部から周辺部にかけて照度が徐々に減少するような照度分布が得られる。したがって、図5では、図4の場合の同様に、移動系9を介してコンデンサー光学系4のレンズ4aを光軸に沿ってマスク側に所定量だけ移動させることによって、開口形状の変化による照度分布の変動を補正している。その結果、ウエハ7上では、開口形状の変化に依存することなく、ほぼ均一な照度分布が維持される。

【0030】なお、上述の実施例では、開口絞りの可変開口の形状または大きさを変化させることによって二次光源の形状または大きさを変更している。しかしながら、本出願人による出願にかかる特開平4-225514号公報に開示されているように、4つの偏心光源の大きさを変化させたり、フライアイレンズの形状や組み合わせを適宜変化させたりして、二次光源の形状または大きさを変更することもできる。本発明は、その変更方法に依存することなく、二次光源の形状または大きさの変更に伴う照度分布の変動の補正に対して有効である。

【0031】また、上述の実施例では、照明光学装置を備えた投影露光装置を例にとって本発明を説明したが、プロキシミティ方式の露光装置やマスク以外の被照射面を均一照明するための一般的な照明光学装置に本発明を適用することができることは明らかである。さらに、上述の実施例では、コンデンサー光学系を構成する1つのレンズを光軸に沿って移動させている。しかしながら、コンデンサー光学系を構成する複数のレンズを移動させてもよい。また、被照射面において非対称な照度ムラが発生するような場合には、レンズまたはレンズ群を光軸直交方向にシフトさせたり光軸に対して傾け（チルト）させて、非対称の照度ムラ成分を補正することもできる。

*

8

*【0032】

【効果】以上説明したように、本発明の照明光学装置および該装置を備えた露光装置では、コンデンサー光学系を構成する複数のレンズのうち少なくとも1つのレンズを光軸に沿って移動させることにより、二次光源の形状または大きさの変更に伴う照度分布の変動を補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図1の開口絞り3の開口形状の変化に伴う照度分布の変動を補正する動作を説明する図である。

【図3】図1の開口絞り3の開口形状の変化に伴う照度分布の変動を補正する動作を説明する図である。

【図4】図1の開口絞り3の開口形状の変化に伴う照度分布の変動を補正する動作を説明する図である。

【図5】図1の開口絞り3の開口形状の変化に伴う照度分布の変動を補正する動作を説明する図である。

【図6】開口絞りの様々な開口形状をそれぞれ示す図である。

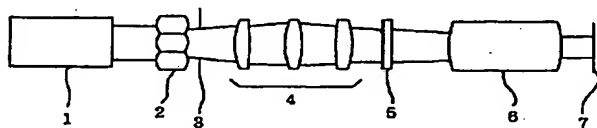
【図7】図6の各開口形状にそれぞれ対応する照度分布を示す図である。

【図8】図6の各開口形状にそれぞれ対応する照度分布を示す図である。

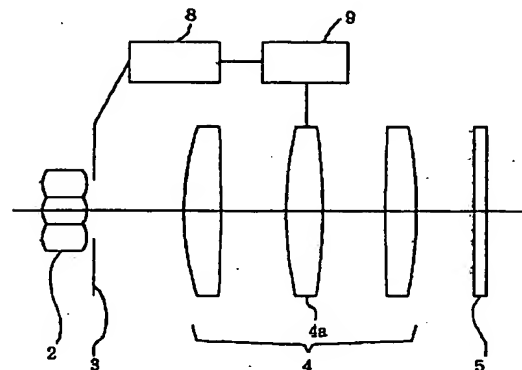
【符号の説明】

- | | |
|---|---------------|
| 1 | 光源 |
| 2 | オブティカルインテグレータ |
| 3 | 開口絞り |
| 4 | コンデンサー光学系 |
| 5 | マスク |
| 6 | 投影光学系 |
| 7 | ウエハ |
| 8 | 変更系 |
| 9 | 移動系 |

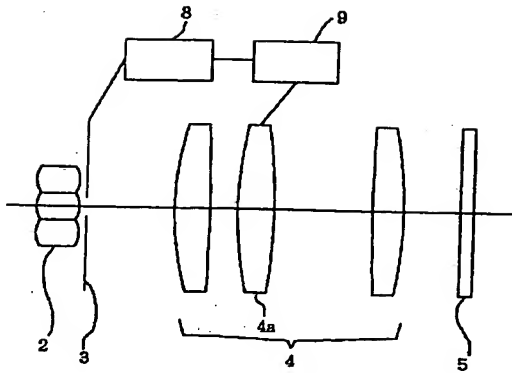
【図1】



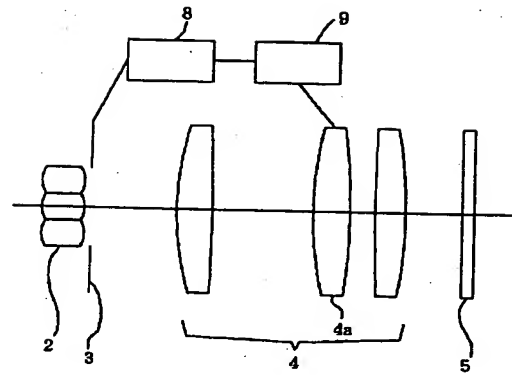
【図2】



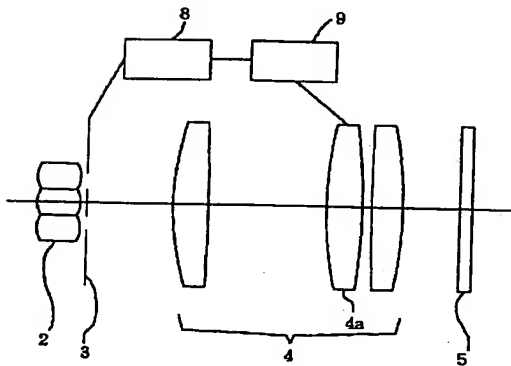
【図 3】



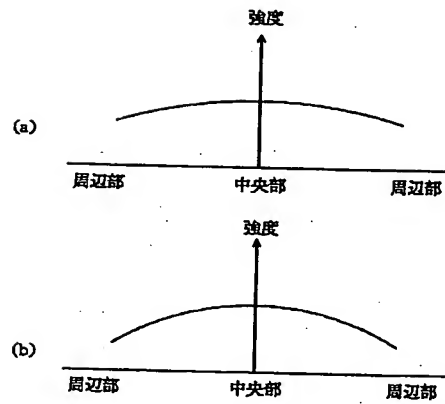
【図 4】



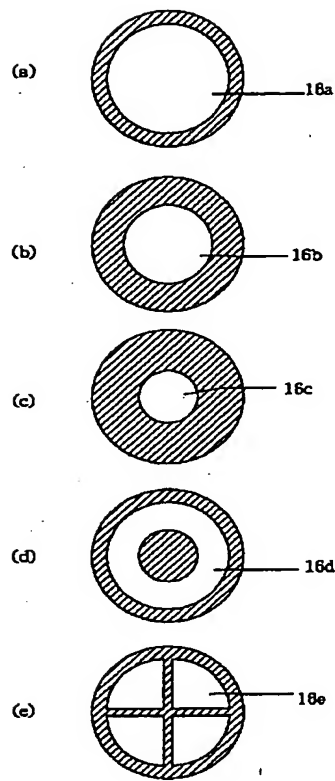
【図 5】



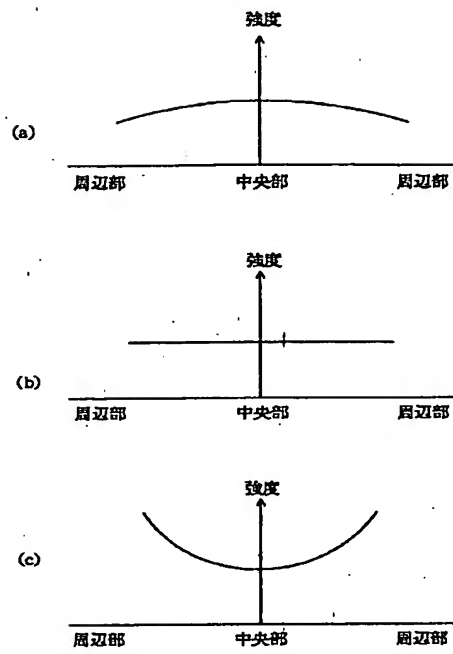
【図 8】



【図 6】



【図 7】



THIS PAGE BLANK (USPTO)